

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-301831

(43)Date of publication of application : 14.11.1995

(51)Int.Cl.

G02F 1/35

H04B 10/17

H04B 10/16

(21)Application number : 06-094136

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 06.05.1994

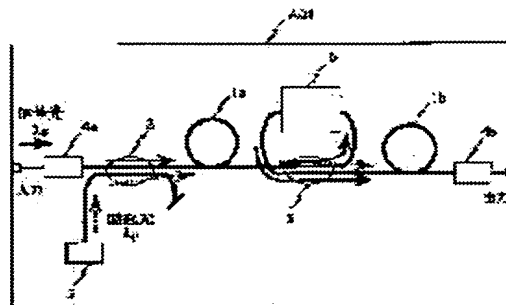
(72)Inventor : NAKANO HIROYUKI

(54) OPTICAL AMPLIFIER

(57)Abstract:

PURPOSE: To suppress degradation in a light signal level by feeding exciting light as it is into an optical amplifier medium and feeding signal light to the optical amplifier medium of the ensuing stage after passing the signal light through a light signal characteristic compensating section.

CONSTITUTION: The signal light is made incident on a rare earth-doped optical fiber 1a through a wavelength multiplex separating section 2 and the exciting light is made incident thereon through a wavelength multiplex separating section 2, by which the signal light is amplified. Next, the signal light is made incident on the rare earth-doped optical fiber 1b of the ensuing stage by passing the wavelength multiplex separating section 3, the light signal characteristic compensating section 6 and the wavelength multiplex separating section 3 in this order and the exciting light is made incident thereon by passing only the wavelength multiplex separating section 3, by which the signal light is amplified again. Namely, only the signal light receives loss in the light signal characteristic compensating section 6 and, therefore, the signal input decreases and the rare earth-doped optical fiber 1b nearly attains the non-saturation state, thereby increasing the gain. Then, the loss of the light signal characteristic compensating section 6 is compensated by the rare earth-doped optical fiber 1b and the gain when the entire part of the optical amplifier A01 is viewed is prevented from being decreased by as much as the loss-component of the light signal characteristic compensating section 6 as compared with the absence of such loss.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 22.07.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 25.05.1999

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]
 : [Patent number] 3195160
 [Date of registration] 01.06.2001
 : [Number of appeal against examiner's decision of rejection] 11-10017
 [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 23.06.1999
 [Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

JP-A-H07-301831

[Figure 3]

Signal light

Input

Pump light

Output

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-301831

(43) 公開日 平成7年(1995)11月14日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F 1/35	5 0 1			
H 0 4 B 10/17				
10/16				
			H 0 4 B 9/ 00	J
			審査請求 未請求	請求項の数19 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平6-94136

(22) 出願日 平成6年(1994)5月6日

(71) 出願人 000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(72) 発明者 中野 博行
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内
(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

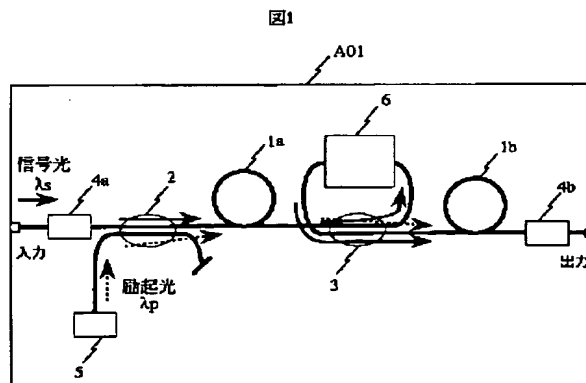
(54) 【発明の名称】 光増幅器

(57) 【要約】

【目的】 分散補償器などの光信号特性補償部を組み込み、その損失を補償する光増幅器を提供する。

【構成】 光増幅ドープファイバ1a、1bの中間部に設置した波長多重プラ3を用い、分散補償器6を組み込み、前段ドープファイバ1aで消費されない励起光により再び信号を増幅する。

【効果】 分散補償器などの光信号特性補償部の損失を補償できる効果がある。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】光励起に基づく複数の光増幅媒質、励起光源、信号光と励起光を多重または分離する複数の波長多重分離部、および光信号特性補償部から構成され、該波長多重分離部の少なくとも一つは該励起光源出力を信号光と多重化し、他の波長多重分離部を複数の光増幅媒質の間に設置することにより、該光増幅媒質の一つから出力される励起光は前記、他の波長多重分離部を通してそのまま次の光増幅媒質に送り出され、該光増幅媒質の一つから出力される信号光は前記、他の波長多重分離部を通して該光信号特性補償部を透過させた後再び前記、他の波長多重分離部を通して次の光増幅媒質に送り出し、再び信号を増幅することを特徴とする光増幅器。

【請求項 2】請求項 1 記載の光信号特性補償部は、分散補償器であることを特徴とする光増幅器。

【請求項 3】請求項 1 記載の光信号特性補償部は、分散補償ファイバであることを特徴とする光増幅器。

【請求項 4】請求項 1 記載の光信号特性補償部は、光増幅利得の波長依存性等化フィルタであることを特徴とする光増幅器。

【請求項 5】光励起に基づく複数の光増幅媒質、励起光源、信号光と励起光を多重または分離する複数の波長多重分離部、および光アイソレータ、光信号特性補償部から構成され、該波長多重部の少なくとも一つは該励起光源出力を信号光と多重化し、他の波長多重分離部を複数の光増幅媒質の間に設置することにより、該光増幅媒質の一つから出力される励起光は前記、他の波長多重分離部を通してそのまま次の光増幅媒質に送り出され、該光増幅媒質の一つから出力される信号光は前記、他の波長多重分離部を通して該光アイソレータおよび該光信号特性補償部を透過させた後再び前記、他の波長多重分離部を通して次の光増幅媒質に送り出し、再び信号を増幅することを特徴とする光増幅器。

【請求項 6】請求項 5 記載の光信号特性補償部は、分散補償器であることを特徴とする光増幅器。

【請求項 7】請求項 5 記載の光信号特性補償部は、分散補償ファイバであることを特徴とする光増幅器。

【請求項 8】請求項 5 記載の光信号特性補償部は、光増幅利得の波長依存性等化フィルタであることを特徴とする光増幅器。

【請求項 9】光励起に基づく複数の光増幅媒質、励起光源、信号光と励起光を多重または分離する複数の波長多重分離部、および光バンドパスフィルタ、光信号特性補償部から構成され、該波長多重部の少なくとも一つは該励起光源出力を信号光と多重化し、他の波長多重分離部を複数の光増幅媒質の間に設置することにより、該光増幅媒質の一つから出力される励起光は前記、他の波長多重分離部を通してそのまま次の光増幅媒質に送り出され、該光増幅媒質の一つから出力される信号光は前記、他の波長多重分離部を通して該光バンドパスフィルタお

よび該光信号特性補償部を透過させた後再び前記、他の波長多重分離部を通して次の光増幅媒質に送り出し、再び信号を増幅することを特徴とする光増幅器。

【請求項 10】請求項 9 記載の光信号特性補償部は、分散補償器であることを特徴とする光増幅器。

【請求項 11】請求項 9 記載の光信号特性補償部は、分散補償ファイバであることを特徴とする光増幅器。

【請求項 12】請求項 9 記載の光信号特性補償部は、光増幅利得の波長依存性等化フィルタであることを特徴とする光増幅器。

【請求項 13】光励起に基づく複数の光増幅媒質、励起光源、信号光と励起光を多重または分離する複数の波長多重分離部、および光アイソレータ、光バンドパスフィルタ、光信号特性補償部から構成され、該波長多重部の少なくとも一つは該励起光源出力を信号光と多重化し、他の波長多重分離部を複数の光増幅媒質の間に設置することにより、該光増幅媒質から出力される励起光は前記、他の波長多重分離部を通してそのまま次の光増幅媒質に送り出され、該光増幅媒質から出力される信号光は前記、他の波長多重分離部を通して該光アイソレータ、光バンドパスフィルタおよび該光信号特性補償部を透過させた後再び前記、他の波長多重分離部を通して次の光増幅媒質に送り出し、再び信号を増幅することを特徴とする光増幅器。

【請求項 14】請求項 13 記載の光信号特性補償部は、分散補償器であることを特徴とする光増幅器。

【請求項 15】請求項 13 記載の光信号特性補償部は、分散補償ファイバであることを特徴とする光増幅器。

【請求項 16】請求項 13 記載の光信号特性補償部は、光増幅利得の波長依存性等化フィルタであることを特徴とする光増幅器。

【請求項 17】請求項 1 または請求項 5 または請求項 9 または請求項 13 記載の光増幅器を用いた光送信機。

【請求項 18】請求項 1 または請求項 5 または請求項 9 または請求項 13 記載の光増幅器を用いた光受信機。

【請求項 19】請求項 1 または請求項 5 または請求項 9 または請求項 13 記載の光増幅器を用いた光増幅中継器。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【産業上の利用分野】本発明は光通信システムにおいて、光送受信機、光中継器などの光伝送装置に適用される光増幅器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、伝送路光ファイバの波長分散による光信号の波形歪を抑圧するために、分散補償ファイバが光受信機または光送信機の中で用いられているが、損失が大きいため、この損失を補償するための光増幅器と併用することが必須となっている。この技術については、文献、オー・エス・エー オプティカル ファイバ

コミュニケーション コンファレンス ポストデッドライン ペーパーズ, 1992年, 367-370頁 (OSA Optical Fiber Communication Conference, 1992, pp. 367-370) に記載されている。

【0003】図14に、従来の分散補償光送信器100と分散補償光受信器200を用いた光ファイバ伝送系の構成を示す。光送信器100は、エルビウム添加光ファイバ増幅器101a、分散補償ファイバ103a、および電気/光変換部104から構成されている。また、光受信器200は、エルビウム添加光ファイバ増幅器201aおよび201b、光バンドパスフィルタ202aおよび202b、分散補償ファイバ203aおよび203b、および光/電気変換部205から構成されている。使用されている分散補償ファイバの損失は、それぞれ3.1dB、10.6dB、5.3dBで、光信号レベルが低下する。この損失を補償するために合計3台のエルビウム添加光ファイバ増幅器が使われており、それぞれ別の励起光源を用いて信号光を増幅している。また、分散補償ファイバが付加された場合の光ファイバ増幅器の特性は、分散補償ファイバが前段に設置された場合はその損失分だけ雑音指数が増加し、分散補償ファイバが後段に設置された場合はその損失分だけ光出力が低下する。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記図14に示した従来知られている分散補償光送信器および分散補償光受信器では、分散補償ファイバの損失が大きいために、光信号レベルが低下する。この損失を補償するために光増幅器を用いると、その光増幅器の光出力低下や雑音指数増加等の問題が発生する。この問題を回避するには、別の光増幅器を新たに設置する必要がある。

【0005】本発明の目的は、損失のある分散補償器を用いても、励起光電力を増加させたり、励起光源数を増加させることなく、光出力低下や雑音指数増加を抑圧する光増幅器を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の光増幅器では、光増幅媒質を分割し、その分割部に励起光と信号光を分離または多重する波長多重分離部を設置し、励起光はそのまま次段の光増幅媒質に送り込み、信号光はたとえば分散補償ファイバなどの光信号特性補償部を通過した後、次段の光増幅媒質に送り込むことにより、光信号特性補償部の損失による光信号レベルの低下を抑制する。

【0007】

【作用】本発明による光増幅器では、光信号特性補償部を通過することにより信号光レベルは低下するが、前段の光増幅媒質で消費されなかった励起光を用いることにより再び次段の光増幅媒質で増幅される。次段の光増幅

媒質では、その入力光パワーが低下しているため、非飽和状態に近づき利得は増加する。このため、次段の光増幅媒質の利得を光信号特性補償部の損失値以上に設定することが可能となる。また、前段の光増幅媒質の利得を十分大きく設定することにより、光増幅器の雑音指数はこの前段部でほぼ決定されるため、挿入された光信号特性補償部の損失の雑音指数への影響は抑制される。

【0008】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面を用いて説明する。図1は、本発明による第1の実施例の光増幅器の構成図である。光増幅器A01は、光増幅媒質である希土類添加光ファイバ1aおよび1b、波長多重分離部2および3、光アイソレータ4aおよび4b、励起光源5、光信号特性補償部6により構成される。光信号特性補償部6は、たとえば、伝送路光ファイバの分散を補償する、逆分散特性の高分散ファイバまたはエタロンなどの光共振器などであり、波長多重光伝送方式に対しては光増幅媒質利得の波長依存性等化光フィルタなどである。図において、信号光波長を λ_s とし実線の矢印で、励起光波長を λ_p とし破線の矢印で示している。信号光は光アイソレータ4aおよび波長多重分離部2を通して、励起光は波長多重分離部2を通して希土類添加光ファイバ1aに入射され、信号光が増幅される。ここで、波長多重分離部2の使用しないポートについては光ファイバの斜め端面化などにより終端している。つぎに、信号光は波長多重分離部3、光信号特性補償部6、波長多重分離部3の順で通過して、励起光は波長多重分離部3のみを通して次段の希土類添加光ファイバ1bに入射され、信号光は再び増幅される。通常は、希土類添加光ファイバ1bでは、信号光が希土類添加光ファイバ1aにより既に増幅した後であるので大信号入力となり利得飽和状態であり低利得となるが、本実施例の構成では、信号光のみが光信号特性補償部6により損失を被るため信号入力低下し、希土類添加光ファイバ1bは非飽和状態に近づき利得が上昇する。このため、光信号特性補償部6の損失は希土類添加光ファイバ1bにより補償され、光増幅器A01全体で見たとときの利得は、光信号特性補償部6の損失が無いときに比べ、その損失分だけ低下しない。

【0009】図2を用いて、第1の実施例において得られる効果を説明する。図1の構成の光増幅器を実際に構成し、入力信号光電力に対して、利得および雑音指数（信号と増幅された自然放出光との間のビート雑音成分のみを考慮したもの）を測定した結果である。信号光波長は1552nm、励起光波長は980nmである。光信号特性補償部6の損失の影響を調べるために、代わりに光減衰器を挿入し損失をそれぞれ5、10dBとした。■印は光減衰器での損失を5dBとした場合、▲印は光減衰器での損失を10dBとした場合、●印は光減衰器を挿入し無い場合（損失0dB）である。希土類添

加光ファイバ1aに入射する励起光電力は、損失の有無にかかわらず50mWで一定とした。入力信号光電力が-20dBm以下の範囲において、5dBの損失がある場合の利得低下量は約2dB、10dBの損失がある場合の利得低下量は約4dBと損失の1/2以下に抑圧されている。一方、雑音指数の方は、各損失値に対して約5dB前後でほぼ一定である。本実験結果は、本発明の第1の実施例の光増幅器において、励起光電力を増加させることなく、光信号特性補償部の損失を補償できる効果があること、また、雑音指数の変化はほとんど見られないことを示している。

【0010】図3は、本発明による第2の実施例の光増幅器の構成図である。光増幅器A02は、光増幅媒質である希土類添加光ファイバ1aおよび1b、波長多重分離部2、3aおよび3b、光アイソレータ4aおよび4b、励起光源5、光信号特性補償部6により構成される。信号光は光アイソレータ4aおよび波長多重分離部2を通して、励起光は波長多重分離部2を通して希土類添加光ファイバ1aに入射され、信号光が増幅される。つぎに、信号光は波長多重分離部3a、光信号特性補償部6、波長多重分離部3bの順で通過して、励起光は波長多重分離部3aおよび3bのみを通して次段の希土類添加光ファイバ1bに入射され、信号光は再び増幅される。本実施例においても、第1の実施例と同様の効果が得られる。

【0011】図4は、本発明による第3の実施例の光増幅器の構成図である。光増幅器A03は、光増幅媒質である希土類添加光ファイバ1aおよび1b、波長多重分離部2および3、光アイソレータ4aおよび4b、励起光源5、光信号特性補償部6により構成される。信号光は光アイソレータ4aを通して希土類添加光ファイバ1aに入射され、波長多重分離部2、希土類添加光ファイバ1b、波長多重分離部3の順で通過した励起光により増幅される。つぎに、信号光は波長多重分離部3、光信号特性補償部6、波長多重分離部3の順で通過して、波長多重分離部2を通して励起されている次段の希土類添加光ファイバ1bに入射され、信号光は再び増幅される。本実施例においても、第1の実施例と同様の効果が得られる。

【0012】図5は、本発明による第4の実施例の光増幅器の構成図である。光増幅器A04は、光増幅媒質である希土類添加光ファイバ1aおよび1b、波長多重分離部2a、2bおよび3、光アイソレータ4aおよび4b、励起光源5aおよび5b、光信号特性補償部6により構成される。信号光は光アイソレータ4aおよび波長多重分離部2aを通して希土類添加光ファイバ1aに入射され、波長多重分離部2aを通した第1の励起光(5a)と、波長多重分離部2b、希土類添加光ファイバ1b、波長多重分離部3の順で通過した第2の励起光(5b)により増幅される。つぎに、信号光は波長多重分離部3、光信号特性補償部6、波長多重分離部3の順で通過して、励起光は波長多重分離部3、励起光の反射成分は波長多重分離部2bを通して次段の希土類添加光ファイバ1bに入射され、信号光は再び増幅される。本実施例においても、第1の実施例と同様の効果が得られる。本実施例では、励起光を反射させて利用するため、さらに高効率な増幅効果が得られる。

部3、光信号特性補償部6、波長多重分離部3の順で通過して、第1の励起光は波長多重分離部3、第2の励起光は波長多重分離部2を通して次段の希土類添加光ファイバ1bに入射され、信号光は再び増幅される。本実施例においても、第1の実施例と同様の効果が得られる。

【0013】図6は、本発明による第5の実施例の光増幅器の構成図である。光増幅器A05は、光増幅媒質である希土類添加光ファイバ1aおよび1b、波長多重分離部2a、2bおよび3、光アイソレータ4aおよび4b、励起光源5、光信号特性補償部6、反射ミラー7により構成される。信号光は光アイソレータ4aおよび波長多重分離部2aを通して希土類添加光ファイバ1aに入射される。励起光は波長多重分離部2aを通して希土類添加光ファイバ1aに入射され、また、希土類添加光ファイバ1aにおいて消費されなかった励起光は波長多重分離部3、希土類添加光ファイバ1b、波長多重分離部2bを通して反射ミラー7で反射し、再び同じ経路を通過して希土類添加光ファイバ1aに入射され、信号光が増幅される。つぎに、信号光は波長多重分離部3、光信号特性補償部6、波長多重分離部3の順で通過して、励起光は波長多重分離部3、励起光の反射成分は波長多重分離部2bを通して次段の希土類添加光ファイバ1bに入射され、信号光は再び増幅される。本実施例においても、第1の実施例と同様の効果が得られる。本実施例では、励起光を反射させて利用するため、さらに高効率な増幅効果が得られる。

【0014】図7は、本発明による第6の実施例の光増幅器の構成図である。光増幅器A06は、光増幅媒質である希土類添加光ファイバ1a、1bおよび1c、波長多重分離部2、3aおよび3b、光アイソレータ4aおよび4b、励起光源5、光信号特性補償部6aおよび6bにより構成される。信号光は光アイソレータ4aおよび波長多重分離部2を通して希土類添加光ファイバ1aに入射される。励起光は波長多重分離部2を通して希土類添加光ファイバ1aに入射され、信号光が増幅される。つぎに、信号光は波長多重分離部3a、光信号特性補償部6a、波長多重分離部3aの順で通過して、励起光は波長多重分離部3aを通して次段の希土類添加光ファイバ1bに入射され、信号光は再び増幅される。さらに、信号光は波長多重分離部3b、光信号特性補償部6b、波長多重分離部3bの順で通過して、励起光は波長多重分離部3bを通して次段の希土類添加光ファイバ1cに入射され、信号光は再び増幅される。このように、光増幅媒質の数は必ずしも2ではなく、3以上の複数個でよい。本実施例においても、第1の実施例と同様の効果が得られる。さらに、本実施例では、複数個の光信号特性補償部を光増幅器に組み込むことが可能になり、複合的特性補償が実現できる効果がある。

【0015】図8~10は、本発明による第7~9の実施例の光増幅器の構成図である。図1に示した第1の実

施例と同様の構成であるが、光部品 4 c を光信号特性補償部 6 の入力部 (図 8)、出力部 (図 9)、または入出力部 (図 10) に設置している。まず、この光部品 4 c が光アイソレータである場合について説明する。光信号特性補償部 6 は、たとえば分散補償光ファイバであるため、そのファイバのレーリ―散乱や光コネクタからの反射光が光増幅媒質内に戻り、光信号の増幅特性を劣化せしめる場合がある。光アイソレータを挿入することにより、これらの反射光が抑圧される。この光アイソレータは光増幅媒質 1 b から光増幅媒質 1 a に進行、増幅する逆方向の自然放出光を遮断する。したがって、より高利得、低雑音な光増幅器が構成できる効果がある。

【0016】つぎに、光部品 4 c が光バンドパスフィルタである場合について説明する。この光バンドパスフィルタは信号光波長近傍の光のみを等化させるフィルタであり、信号帯域外の余分な増幅された自然放出光が次段または前段の光増幅媒質に入射されることを抑制し、同様により高利得、低雑音な光増幅器が構成できる効果がある。

【0017】さらに、光部品 4 c が光アイソレータと光バンドパスフィルタを直列に接続した複合光部品である場合、上に述べた光アイソレータ挿入の効果と光バンドパスフィルタ挿入の効果が同時に得られ、さらに高利得、低雑音な光増幅器が構成できる効果がある。

【0018】図 11 は、本発明による光増幅器を用いた光伝送システムの第 1 の実施例の構成図である。光送信機 100、伝送路光ファイバ 106、光受信機 200 から構成され、該光送信機 100 は、電気／光変換部 104、光信号特性補償部を組み込んだ光増幅器 105 により構成される。光増幅器 105 は、第 1～第 9 の実施例に示したいずれかの光増幅器である。本実施例によれば、光送信機において、光信号特性補償部を組み込んだことによる光増幅器の利得または雑音特性劣化を抑圧した光伝送系を構成できる効果がある。

【0019】図 12 は、本発明による光増幅器を用いた光伝送システムの第 2 の実施例の構成図である。光送信機 100、伝送路光ファイバ 106、光受信機 200 から構成され、該光受信機 200 は、光信号特性補償部を組み込んだ光増幅器 206、光／電気変換部 205 により構成される。光増幅器 206 は、第 1～第 9 の実施例に示したいずれかの光増幅器である。本実施例によれば、光受信機において、光信号特性補償部を組み込んだことによる光増幅器の利得または雑音特性劣化を抑圧した光伝送系を構成できる効果がある。

【0020】図 13 は、本発明による光増幅器を用いた

光伝送システムの第 3 の実施例の構成図である。光送信機 100、伝送路光ファイバ 106、光増幅中継器 300、光受信機 200 から構成される。光増幅中継器 300 は、第 1～第 9 の実施例に示したいずれかの光増幅器である。本実施例によれば、光増幅中継器において、光信号特性補償部を組み込んだことによる光増幅器の利得または雑音特性劣化を抑圧した光伝送系を構成できる効果がある。

【0021】

【発明の効果】本発明によれば、励起光電力を増加させたり、励起光源数を増加させることなく、光信号特性補償部の損失を補償し、光出力低下や雑音指数増加を抑圧する光増幅器を構成できる効果がある。したがって、分散補償などの新機能を追加しながら、利得低下や雑音指数増加が抑制された、簡易な構成で安価な光増幅器が構成できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】第 1 の実施例の光増幅器の構成図。

【図 2】第 1 の実施例の光増幅器における効果を示す説明図。

【図 3】第 2 の実施例の光増幅器の構成図。

【図 4】第 3 の実施例の光増幅器の構成図。

【図 5】第 4 の実施例の光増幅器の構成図。

【図 6】第 5 の実施例の光増幅器の構成図。

【図 7】第 6 の実施例の光増幅器の構成図。

【図 8】第 7 の実施例の光増幅器の構成図。

【図 9】第 8 の実施例の光増幅器の構成図。

【図 10】第 9 の実施例の光増幅器の構成図。

【図 11】光伝送システムの第 1 の実施例の構成図。

【図 12】光伝送システムの第 2 の実施例の構成図。

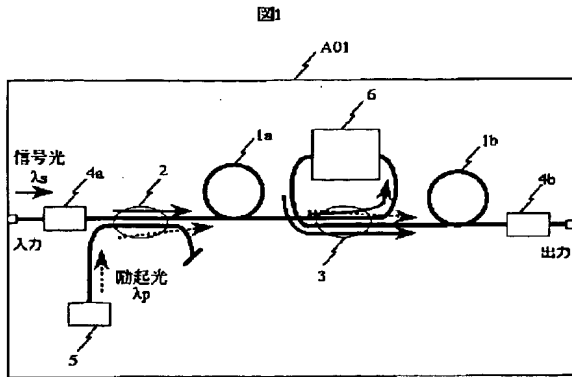
【図 13】光伝送システムの第 3 の実施例の構成図。

【図 14】分散補償光ファイバを光送受信器に用いた光伝送系構成の従来例。

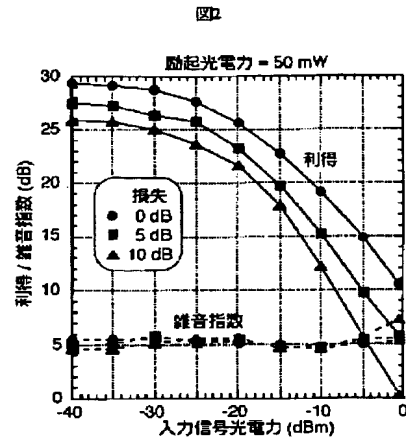
【符号の説明】

A01～A09、105、206：光増幅器、1a、1b、1c：希土類添加光ファイバ、2、2a、2b、3、3a、3b：波長多重分離部、4a、4b：光アイソレータ、4c：光部品、5、5a、5b：励起光源、6、6a、6b：光信号特性補償部、7：反射ミラー、100：光送信機、106：伝送路光ファイバ、200：光受信機、104：電気／光変換部、205：光／電気変換部、101a、201a、202b：エルビウム添加光ファイバ増幅器、103a、203a、203b：分散補償光ファイバ、202a、202b：光バンドパスフィルタ、300：光増幅中継器。

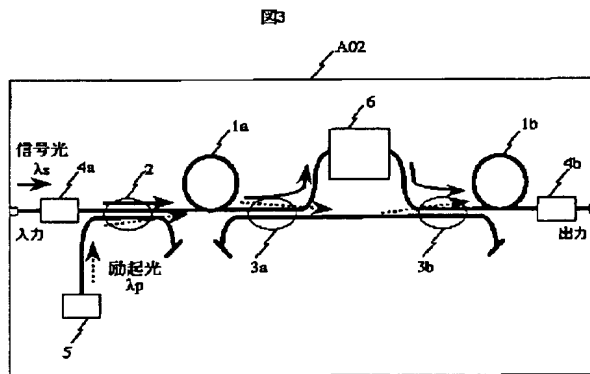
【図 1】



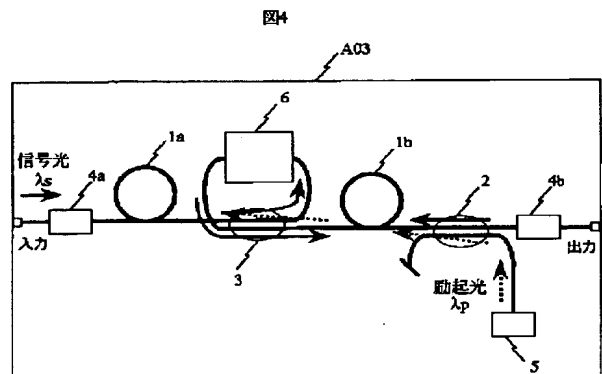
【図 2】



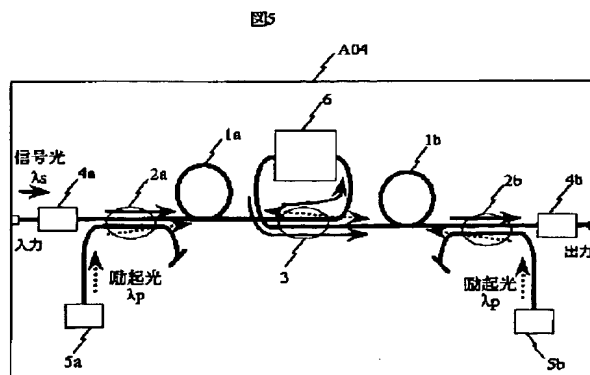
【図 3】



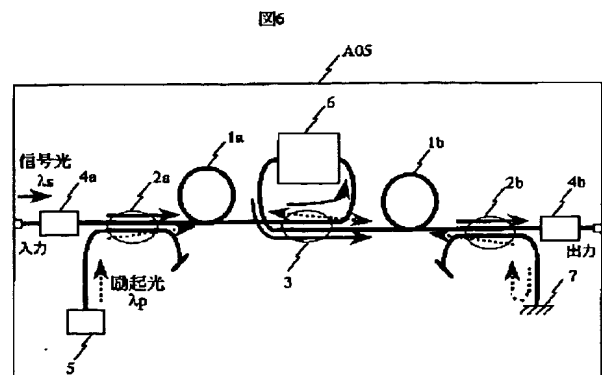
【図 4】



【図 5】

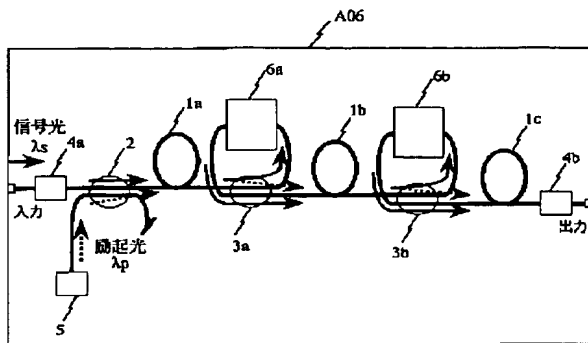


【図 6】



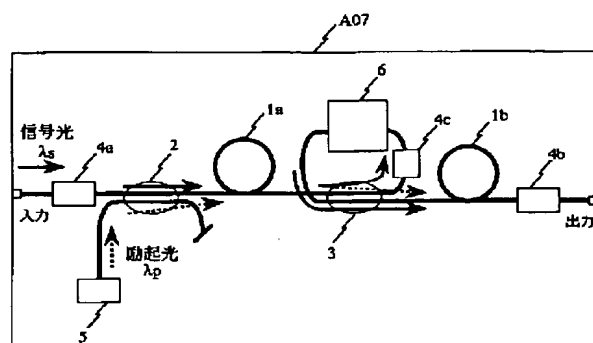
【図 7】

図7



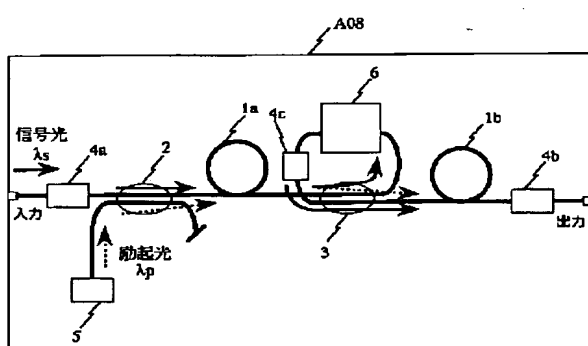
【図 8】

図8



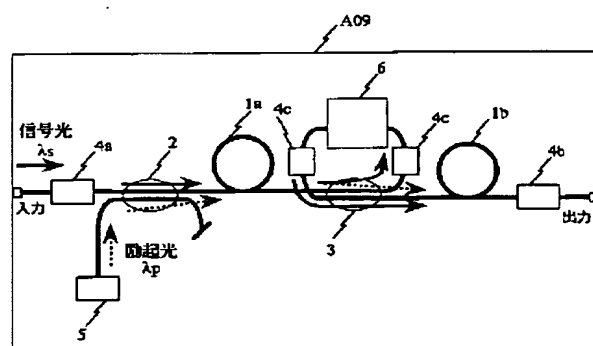
【図 9】

図9



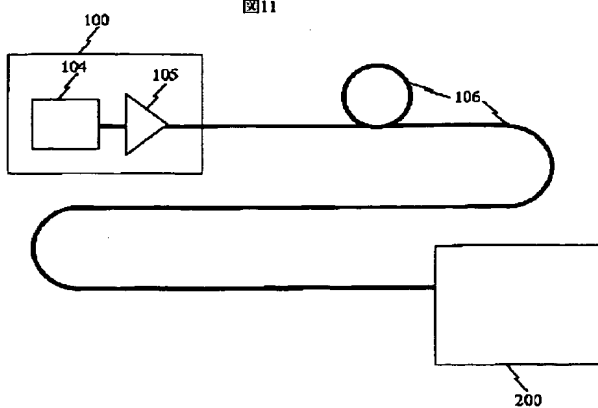
【図 10】

図10



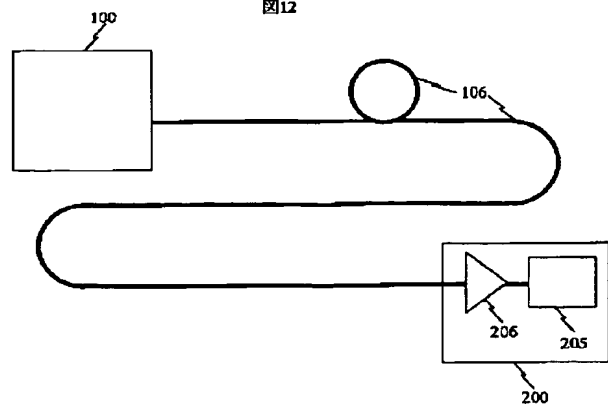
【図 11】

図11

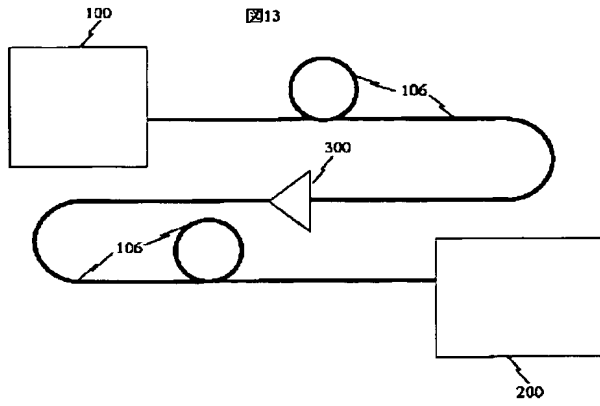


【図 12】

図12



【図13】



【図14】

